

陕西省紫阳县 18 个油菜品种(系)的综合评价与筛选

张 智¹ 陈妙妙¹ 姬雨雪¹ 缪平贵¹ 曹小东¹ 董朝阳¹
贺璐阳¹ 刘 钊² 王启广² 韦世豪¹

(¹陕西省杂交油菜研究中心,杨凌 712100;²陕西省紫阳县农业技术推广站,紫阳 725300)

摘要:为筛选适于陕西安康紫阳县种植的优质油菜品种,在紫阳县进行了油菜品种(系)引种试验,对 18 个油菜品种(系)的田间农艺性状、产量及主要品质进行了系统测定,采用相关性分析探究了性状间关联度,利用主成分分析、聚类分析进行了品种(系)综合评价。相关性分析结果表明,油菜产量与单株角果数、每角粒数呈极显著正相关,多数性状与芥酸和硫苷含量呈显著负相关;根据主成分综合得分(F 值)排名,秦优 797、秦优 919 和秦优 1618 位列前三,综合性状表现优异,尤其在产量和产油量方面优势显著;聚类分析结果表明,18 个油菜品种(系)可分为 5 个类群,第 I 类群的秦优 797 和秦优 919 表现优异,产量与产油量突出,其他类群则在特定性状或适应性上略显不足。秦优 797、秦优 919、秦优 1618、润普丰、秦油 506 和秦优 1718 是紫阳地区可优先推荐种植的高产优质油菜品种(系),在农艺性状、产量、品质等方面综合表现优异。

关键词:紫阳;油菜;产量;品质;相关性分析;主成分分析;聚类分析;综合评分

Comprehensive Evaluation and Screening of 18 Rapeseed Varieties (Lines) in Ziyang County, Shaanxi Province

ZHANG Zhi¹, CHEN Miaomiao¹, JI Yuxue¹, MIAO Pinggui¹, CAO Xiaodong¹,
DONG Zhaoyang¹, HE Luyang¹, LIU Zhao², WANG Qiguang², WEI Shihao¹

(¹Hybrid Rapeseed Research Center of Shaanxi Province, Yangling 712100, Shaanxi;

²Ziyang County Agricultural Technology Extension Station, Ziyang 725300, Shaanxi)

油菜是陕西省第四大粮油作物和最主要的油料作物,常年种植面积 20 万 hm^2 左右,年产菜籽约 40 万 t,占全省油料作物总产量和面积的 70% 以上^[1]。油菜是紫阳县五大作物之一,紫阳县位于长江上游生态区,光热充足、雨水充沛,是油菜生产的适宜区域,2024 年油菜种植面积为 5067 hm^2 (7.6 万亩)^[2]。近年来,通过产业扶贫项目带动,优质杂交油菜品种得到大力推广,油菜已成为紫阳县的主要经济作物之一,是农民增收的重要经济来源。紫阳县地处秦巴山区、交通不便,生产技术落后、信息不畅等因素导致乡村发展受限,并且由于油菜品种

繁多,更新换代速度较快,农民多在市场上盲目选购油菜品种而忽视了品种的适应性,使得油菜种植收入差强人意。随着经济社会的发展,人们对菜籽油的需求越来越大,人均植物油消费量逐年增加,但我国自给率却仅为 30.8%,油菜籽进口量巨大^[3],因此筛选适宜当地种植的优质油菜品种、扩大种植规模,对促进紫阳县油菜产业化建设具有重要推动作用。

本研究以 18 个油菜品种(系)为试验材料,在紫阳县双安镇开展油菜品种(系)筛选试验,并借助相关性分析、主成分分析与聚类分析等多元统计分析方法,对不同油菜品种(系)进行综合评价,以期构建一种有效的油菜引种筛选体系,促进油菜品种更新换代。

基金项目:陕西省重点研发计划项目—秦创原产业聚集区“四链”融合(2024CY-JJQ-23)

通信作者:韦世豪

1 材料与方法

1.1 试验地点 试验地点位于紫阳县双安镇闹热村,该地区属亚热带湿润季风气候区,海拔高、光照充足、气温低、日照长,具有典型的多样性气候特征,是油菜生产的适宜区。年平均气温 15.1℃,无霜期 268d,年降水总量 1066.0mm,年最高降水量 1682.8mm,降水多集中在 6-9 月,夏季多发洪涝。

1.2 试验材料 油菜品种(系)共 18 个,其中品种有润普丰、中油杂 19、秦优 919、秦优 797、华油杂 62、秦优 7 号、秦优 1912、秦优 1718、秦优 1618、秦优 1806、秦油 506、陕油 28 (CK),品系有 QH2022、QF2155、秦油 909、秦油 707、秦油 606、秦油 505,均由陕西省杂交油菜研究中心供种。

1.3 试验设计 采用随机区组设计,3 次重复,共 54 个小区,每个小区长 6m、宽 4m,面积为 24m²,密度为 5500 株/667m²,大田播种,试验地周围设 2 行保护行。于 9 月 30 日进行人工穴播,一次性施用油菜专用肥 50kg 作为底肥,其他管理措施按常规进行。

1.4 指标测定 油菜成熟前每小区随机取 10 株进行考种,用尺子测量其株高、分枝部位、主花序长度,考察一次有效分枝数、单株角果数、每角粒数,收获后称量千粒重。每小区收获后籽粒自然晾干称重。采用德国 Bruker 公司的 MPA 傅立叶变换近红外光谱仪测定含油量、硫苷、芥酸等品质指标。

1.5 数据处理 采用 Excel 2019 对 18 个油菜品种(系)的农艺、产量和品质性状进行规范化整理,采用 SPSS 27 和 Origin Pro 2021 软件分别对其进行描述性统计、相关性分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 农艺性状 对 18 个油菜品种(系)的 7 个主要农艺性状进行描述性统计,结果见表 1。株高、分枝部位、主花序长度、一次有效分枝数、单株角果数、每角粒数和千粒重均呈现连续正态分布特征。偏度是衡量数据分布不对称性的指标,反映了数据围绕其平均值的不对称程度。主花序长度、单株角果数和千粒重的偏度小于 0,说明数据分布向左倾斜,大部分数据大于平均值,其余性状偏度大于 0,说明大部分数据小于平均值。峰度是衡量数据分布尖锐程度的指标,反映了数据在平均值附近的集中程度以及极端值的分布情况。分枝部位、一次有效分枝数的峰度大于 0,表示该数据分布与正态分布相比较为

高尖,其余性状则较为矮胖。

从变异系数来看,单株角果数表现出最大的表型变异,变异系数为 13.74%;其次为每角粒数,变异系数为 13.34%;分枝部位和一次有效分枝数变异系数分别为 11.58%、11.31%,居第 3 位和第 4 位。相比之下,主花序长度(7.45%)、株高(7.17%)和千粒重(5.23%)的变异程度较小。以上结果表明,参试品种(系)在农艺性状上具有丰富的遗传多样性。

表 1 18 个油菜品种(系)的农艺性状描述性统计

性状	平均值	偏度	峰度	标准差	变异系数(%)
株高(cm)	191.00	0.20	-0.42	13.69	7.17
分枝部位(cm)	57.20	0.59	0.23	6.63	11.58
主花序长度(cm)	60.64	-0.22	-0.27	4.52	7.45
一次有效分枝数	9.48	0.86	0.32	1.07	11.31
单株角果数	347.11	-0.59	-0.29	47.68	13.74
每角粒数	25.14	0.40	-0.33	3.35	13.34
千粒重(g)	3.22	-0.34	-0.66	0.17	5.23

如表 2 所示,株高变异范围为 168.00~218.22cm,秦优 1806 最高,QH2022 最低;秦优 1806 (218.22cm)、秦优 1618 (213.67cm)和秦优 1718 (205.45cm)显著高于对照,秦油 506、中油杂 19、秦油 606、秦油 707、QF2155、QH2022 显著低于对照。分枝部位在 47.23~73.13cm 之间,秦优 1806 最高,秦优 797 最低;秦优 1806 (73.13cm)、秦油 505 (67.44cm)、中油杂 19 (62.65cm)显著高于对照,润普丰、秦优 7 号、秦优 1912 等 9 个品种(系)显著低于对照。主花序长度在 53.33~65.89cm 之间,秦油 909 最长,秦油 606 最短,秦油 909、秦优 1618、秦优 7 号等 9 个品种(系)显著长于对照。一次有效分枝数在 8.06~11.77 个之间,秦优 919 最多,秦油 505 最少;除秦优 7 号、秦优 1806、秦油 707、秦油 505 外,其余品种(系)均显著高于对照。单株角果数在 246.09~409.90 个之间,秦优 797 最多,QF2155 最少;秦优 797、秦优 919、润普丰等 12 个品种(系)显著高于对照,秦油 505、QH2022、QF2155 显著低于对照。每角粒数在 19.65~31.94 粒之间,秦优 797 最多,QF2155 最少;秦优 797、秦优 919、润普丰、秦优 1912、秦优 1618、秦优 7 号显著高于对照,中油杂 19、秦优 1806、秦油 505、QF2155 显著低于对照。千粒重在 2.94~3.49g 之间,中油杂 19 最高,秦油 707 最低;中油杂 19 (3.49g)、秦油 505 (3.41g)、秦油

表2 18个油菜品种(系)的农艺性状分析

品种(系)	株高(cm)	分枝部位(cm)	主花序长度(cm)	一次有效分枝数	单株角果数	每角粒数	千粒重(g)
润普丰	191.00 ± 2.31de	56.78 ± 3.09fg	59.89 ± 1.58cdefg	9.13 ± 0.28cdef	399.91 ± 11.71ab	29.52 ± 0.91b	3.07 ± 0.08j
中油杂 19	181.11 ± 2.50gh	62.65 ± 2.69c	55.67 ± 3.18fgh	8.95 ± 0.34efg	334.67 ± 4.92fg	22.29 ± 1.72hi	3.49 ± 0.08a
秦优 919	198.11 ± 6.99c	51.60 ± 0.90hi	61.44 ± 2.59abcd	11.77 ± 0.69a	409.33 ± 6.28a	30.80 ± 1.22ab	2.95 ± 0.05k
秦优 797	197.89 ± 1.65c	47.23 ± 1.18k	60.22 ± 1.17bcdef	11.46 ± 0.48a	409.90 ± 7.74a	31.94 ± 0.17a	3.24 ± 0.07fg
华油杂 62	187.00 ± 8.69efg	59.99 ± 1.67de	60.44 ± 3.20bcde	9.30 ± 0.28cde	376.21 ± 11.95de	24.83 ± 1.93ef	3.31 ± 0.01def
QH2022	168.00 ± 5.89j	51.52 ± 1.13hi	62.67 ± 3.00abcd	9.72 ± 0.23c	255.80 ± 7.03j	25.79 ± 0.77cde	3.32 ± 0.02cde
秦优 7 号	195.33 ± 0.88cd	56.56 ± 1.17fg	65.44 ± 4.03a	8.85 ± 0.10efgh	333.85 ± 10.55fg	26.75 ± 0.85cd	2.95 ± 0.10k
QF2155	173.78 ± 2.55ij	52.44 ± 1.18h	64.00 ± 3.53abc	10.55 ± 0.50b	246.09 ± 3.36j	19.65 ± 1.30j	3.33 ± 0.03cde
秦油 909	194.33 ± 5.69cd	49.85 ± 0.89ij	65.89 ± 3.10a	9.61 ± 0.38cd	326.77 ± 17.98gh	23.62 ± 2.07fgh	3.22 ± 0.10gh
秦油 707	175.28 ± 4.10hi	59.61 ± 0.92de	56.39 ± 3.95efgh	8.38 ± 0.36ghi	389.30 ± 2.82bc	22.85 ± 1.51gh	2.94 ± 0.04k
秦油 606	175.78 ± 2.34hi	58.00 ± 1.74ef	53.33 ± 2.00h	8.94 ± 0.55efg	341.46 ± 5.07f	24.17 ± 0.69efg	3.40 ± 0.02bc
秦油 505	197.89 ± 2.22c	67.44 ± 0.84b	55.33 ± 4.49gh	8.06 ± 0.18i	299.96 ± 8.44i	21.04 ± 0.39ij	3.41 ± 0.02ab
秦优 1912	187.89 ± 3.56ef	55.68 ± 1.53g	61.56 ± 1.17abcd	9.67 ± 0.29cd	382.18 ± 9.30cd	27.13 ± 0.89c	3.15 ± 0.02hi
秦优 1718	205.45 ± 2.80b	61.22 ± 0.86cd	63.11 ± 3.34abcd	10.69 ± 0.37b	342.31 ± 5.64f	25.16 ± 0.73def	3.35 ± 0.04bcd
秦优 1618	213.67 ± 2.61a	58.55 ± 0.83ef	65.78 ± 1.65a	9.11 ± 0.11def	365.17 ± 2.44e	26.88 ± 0.15cd	3.25 ± 0.03efg
秦优 1806	218.22 ± 2.79a	73.13 ± 1.37a	64.89 ± 2.17ab	8.70 ± 0.74fgh	326.04 ± 5.58gh	22.17 ± 0.05hi	3.13 ± 0.02ij
秦油 506	184.55 ± 2.55fg	48.22 ± 1.02jk	58.89 ± 2.84defg	9.44 ± 0.22cde	388.65 ± 7.83bcd	23.75 ± 0.65fgh	3.08 ± 0.02ij
陕油 28 (CK)	192.67 ± 4.67cde	59.11 ± 2.03de	56.56 ± 0.51efgh	8.30 ± 0.34hi	320.36 ± 12.95h	24.22 ± 1.76efg	3.28 ± 0.02defg

同列不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著差异,下同

606 (3.40g)显著高于对照,秦优 1912、秦优 1806、秦油 506 等 7 个品种(系)显著低于对照。

2.2 产量及产油量 如表 3 所示,18 个参试油菜

品种(系)在产量和产油量方面均表现出显著差异。每 667m² 产量变异范围为 114.32~204.97kg,其中秦优 797 (204.97kg)、秦优 919 (194.86kg)和润普

表3 18个油菜品种(系)的产量和产油量分析

品种(系)	产量(kg/667m ²)	比 CK ± (%)	产量位次	产油量(kg/667m ²)	比 CK ± (%)	产油量位次
润普丰	189.95 ± 11.58b	13.25	3	80.49 ± 5.41bc	18.45	3
中油杂 19	161.02 ± 9.09def	-3.99	10	70.95 ± 3.63def	4.42	7
秦优 919	194.86 ± 2.78ab	16.18	2	86.08 ± 1.93ab	26.68	2
秦优 797	204.97 ± 12.94a	22.21	1	91.08 ± 4.61a	34.04	1
华油杂 62	161.33 ± 10.49def	-3.81	9	63.03 ± 4.01gh	-7.24	13
QH2022	125.03 ± 9.66i	-25.45	17	54.06 ± 5.11ij	-20.44	17
秦优 7 号	153.76 ± 5.82fg	-8.32	14	65.05 ± 2.26fg	-4.27	12
QF2155	114.32 ± 4.58i	-31.84	18	49.24 ± 2.64j	-27.53	18
秦油 909	170.68 ± 9.28cd	1.76	7	69.23 ± 6.12efg	1.88	8
秦油 707	157.56 ± 3.83ef	-6.06	12	57.98 ± 1.43hi	-14.67	15
秦油 606	158.08 ± 7.42ef	-5.75	11	65.46 ± 2.55fg	-3.66	11
秦油 505	145.42 ± 4.13gh	-13.30	15	62.80 ± 3.38gh	-7.58	14
秦优 1912	178.65 ± 5.65c	6.52	4	71.00 ± 7.36def	4.49	6
秦优 1718	154.50 ± 2.40fg	-7.88	13	66.25 ± 1.77fg	-2.50	10
秦优 1618	173.91 ± 1.79c	3.69	5	76.48 ± 1.08cd	12.55	4
秦优 1806	140.08 ± 2.51h	-16.48	16	54.35 ± 5.08ij	-20.01	16
秦油 506	173.72 ± 8.02c	3.58	6	75.13 ± 9.56cde	10.55	5
陕油 28 (CK)	167.72 ± 5.54cde	-	8	67.95 ± 3.19fg	-	9

丰(189.95kg)表现最为突出,较对照分别显著增产22.21%、16.18%和13.25%,展现出优异的丰产特性。秦优1718、秦优7号、秦油505、秦优1806、QH2022、QF2155较对照显著减产,减产幅度为7.88%~31.84%。

每667m²产油量分析结果显示,品种(系)间变异幅度为49.24~91.08kg,秦优797(91.08kg)、秦优919(86.08kg)、润普丰(80.49kg)、秦优1618(76.48kg)和秦油506(75.13kg)的产油量均显著高于对照,增产幅度分别达到34.04%、26.68%、18.45%、12.55%和10.55%。秦油707、秦优1806、QH2022、QF2155较对照显著减产,减产幅度为14.67%~27.53%。

2.3 品质性状 不同油菜品种(系)的主要品质检测结果如表4所示,18个油菜品种(系)的含油量范围为36.80%~44.92%,均超过GB/T 11762—2006《油菜籽》中普通油菜籽质量等级4级的含油量标准,其中参试品种(系)中有11个油菜品种(系)的含油量质量等级达到1级标准(含油量≥42%),占参试品种(系)的61.11%。所有参试品种(系)的芥酸含量均≤3.00%。硫苷含量的变化范围为20.80~37.96μmol/g,除QF2155外,其余品种(系)均符合国家标准中规定的双低标准(硫苷含量≤35.00μmol/g、芥酸含量≤3.0%),占比94.44%。

表4 18个油菜品种(系)的主要品质分析

品种(系)	含油量(%)	硫苷含量(μmol/g)	芥酸含量(%)
润普丰	42.36	27.38	1.32
中油杂19	44.07	29.21	1.68
秦优919	44.17	26.28	1.31
秦优797	44.46	22.46	1.65
华油杂62	39.08	20.80	1.15
QH2022	43.20	32.42	1.93
秦优7号	42.31	31.00	1.68
QF2155	43.06	37.96	1.72
秦油909	41.38	22.71	1.56
秦油707	36.80	31.43	1.46
秦油606	41.42	26.75	1.36
秦油505	43.17	31.83	2.04
秦优1912	40.92	29.88	1.58
秦优1718	42.88	26.73	1.89
秦优1618	43.98	25.69	1.61
秦优1806	40.78	23.78	1.57
秦油506	44.92	30.58	1.33
陕油28(CK)	40.50	24.07	1.70

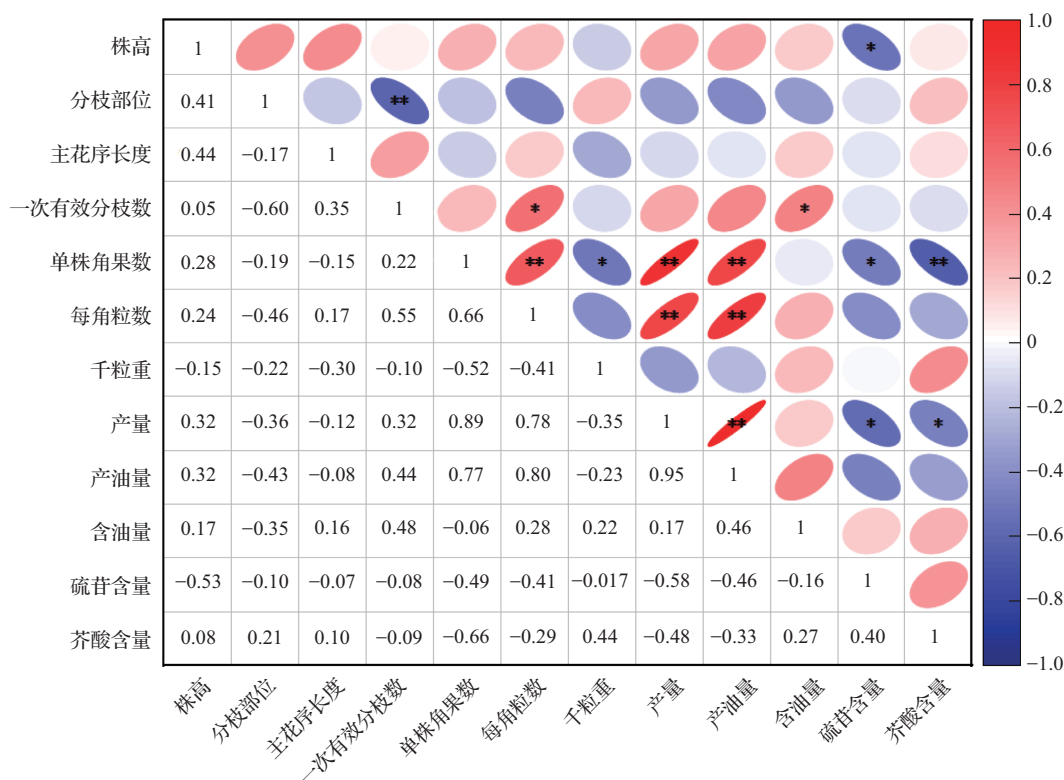
2.4 相关性分析 对18个油菜品种(系)的12个性状进行相关性分析(图1)。结果表明,株高与硫苷含量呈显著负相关;分枝部位与一次有效分枝数呈极显著负相关;一次有效分枝数与每角粒数、含油量呈显著正相关;单株角果数与每角粒数、产量和产油量呈极显著正相关,与芥酸含量呈极显著负相关,与千粒重和硫苷含量呈显著负相关;每角粒数与产量和产油量呈极显著正相关;产量与产油量呈极显著正相关,与硫苷含量和芥酸含量呈显著负相关。

上述结果表明,通过合理调控单株角果数和每角粒数,可在保证高产的同时提升油菜籽品质。由于各性状间存在显著相关性且信息重叠,可采用主成分分析和聚类分析等多元统计方法进行数据降维,以提高品种(系)评价的准确性和可靠性。

2.5 主成分分析 主成分分析(PCA, Principal component analysis)是一种有效的多元统计降维方法,能够将多个相关变量转化为少数独立综合变量,在保留原始数据主要信息的同时实现数据可视化。鉴于不同油菜品种(系)性状间存在显著差异,对原始数据进行标准化处理以消除量纲影响。数据分析的适用性检验结果显示:KMO值为0.520(>0.5),Bartlett球形检验显著性水平为极显著($P<0.001$),表明数据适合进行主成分分析。如表5所示,依据特征值>1的提取标准,共获得4个主成分,累计方差贡献率达83.949%,能够充分反映原始性状绝大部分的信息量。

为了更加清晰地揭示各性状与主成分因子间的关系,通过因子载荷矩阵分析发现,主成分1主要表征产量相关性状,其高载荷值(>0.6)指标包括产量(0.941)、产油量(0.919)、每角粒数(0.876)和单株角果数(0.869);主成分2主要反映品质和农艺性状,载荷值绝对值较大的代表性指标为含油量(0.754)、一次有效分枝数(0.656)和分枝部位(-0.611);主成分3和主成分4主要体现农艺性状特征,其中主成分3以株高(0.886)为主,主成分4则主要反映千粒重(0.716)和主花序长度(-0.704)(表6)。

根据标准化后的12个性状及主成分载荷矩阵计算主成分得分,设4个主成分为F₁~F₄,



左下角为产量性状间的相关系数数值, 右上角不同形态的椭圆表示产量性状间的相关性, 椭圆越圆颜色越浅表示指标间的相关性越小, 反之相关性越大; *、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上存在显著、极显著相关性

图 1 18 个油菜品种(系)的农艺性状、产量性状及品质性状相关性分析

表 5 主成分分析特征值及方差贡献率

主成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	贡献率(%)	累计贡献率(%)	总计	贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	4.764	39.698	39.698	4.764	39.698	39.698
2	2.177	18.145	57.844	2.177	18.145	57.844
3	1.737	14.479	72.323	1.737	14.479	72.323
4	1.395	11.623	83.946	1.395	11.623	83.946

得到各主成分与 12 个指标的线性方程为: $F_1 = 0.431X_1 + 0.421X_2 + 0.401X_3 + 0.398X_4 - 0.258X_5 - 0.249X_6 + 0.112X_7 + 0.239X_8 - 0.212X_9 + 0.158X_{10} - 0.215X_{11} + 0.051X_{12}$; $F_2 = -0.099X_1 + 0.076X_2 + 0.119X_3 - 0.249X_4 + 0.303X_5 + 0.304X_6 + 0.511X_7 + 0.445X_8 - 0.414X_9 - 0.133X_{10} + 0.127X_{11} + 0.245X_{12}$; $F_3 = -0.027X_1 + 0.024X_2 + 0.017X_3 - 0.107X_4 - 0.298X_5 + 0.313X_6 + 0.178X_7 + 0.001X_8 + 0.375X_9 + 0.672X_{10} + 0.132X_{11} + 0.398X_{12}$; $F_4 = 0.184X_1 + 0.273X_2 - 0.024X_3 + 0.021X_4 - 0.146X_5 + 0.179X_6 + 0.294X_7 - 0.101X_8 + 0.119X_9 - 0.057X_{10} + 0.606X_{11} - 0.596X_{12}$ 。以 4 个主成分对应的贡献率为权重, 构建综合得分公式: $F = 0.39698F_1 + 0.18145F_2 + 0.14479F_3 + 0.11623F_4$ 。

表 6 主成分因子载荷矩阵

编号	性状	主成分			
		1	2	3	4
X ₁	产量	0.941	-0.146	-0.036	0.217
X ₂	产油量	0.919	0.112	0.031	0.323
X ₃	每角粒数	0.876	0.175	0.023	-0.028
X ₄	单株角果数	0.869	-0.368	-0.141	0.025
X ₅	硫苷含量	-0.563	0.447	-0.393	-0.172
X ₆	芥酸含量	-0.543	0.449	0.413	0.212
X ₇	含油量	0.245	0.754	0.235	0.347
X ₈	一次有效分枝数	0.522	0.656	0.001	-0.119
X ₉	分枝部位	-0.463	-0.611	0.494	0.140
X ₁₀	株高	0.345	-0.196	0.886	-0.067
X ₁₁	千粒重	-0.470	0.188	0.174	0.716
X ₁₂	主花序长度	0.111	0.362	0.524	-0.704

依据主成分分析获得的综合得分(F 值)对 18 个油菜品种(系)进行综合评价,F 值越高,表明品种(系)的综合性状越优异。各品种(系)的主成分因子得分、综合评分及排名如表 7 所示。18 个品种(系)的综合得分为 -1.348~2.140,其中秦 优 797 (F=2.140)、秦 优 919 (F=1.708) 和 秦

优 1618 (F=0.822)位列前三,表明这 3 个品种在产量、产油量及关键农艺性状上表现突出,具有显著的综合性状优势。基于该评价结果,建议将上述 3 个优良品种作为紫阳地区油菜产业升级的核心品种进行示范推广,以促进区域油菜生产提质增效。

表 7 不同油菜品种(系)的综合得分及排名

品种(系)	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F	排名
润普丰	2.388	-0.762	-0.623	-0.033	0.716	4
中油杂 19	-1.284	0.099	-0.255	2.309	-0.260	10
秦优 919	4.133	0.999	-0.288	-0.625	1.708	2
秦优 797	4.217	1.560	0.302	1.193	2.140	1
华油杂 62	0.393	-2.165	-0.427	-0.198	-0.322	11
QH2022	-2.645	2.465	-0.724	-0.399	-0.754	15
秦优 7 号	-0.148	0.341	0.414	-1.842	-0.151	9
QF2155	-3.743	2.718	-0.921	-1.183	-1.264	17
秦油 909	0.493	0.245	0.563	-0.804	0.228	7
秦油 707	-0.999	-2.533	-2.293	-1.378	-1.348	18
秦油 606	-0.752	-1.008	-1.590	1.568	-0.529	13
秦油 505	-2.978	-0.257	1.044	1.896	-0.857	16
秦优 1912	0.913	-0.123	-0.536	-0.461	0.209	8
秦优 1718	-0.304	0.915	1.859	0.263	0.345	6
秦优 1618	1.251	0.183	2.057	-0.050	0.822	3
秦优 1806	-1.513	-2.044	2.779	-1.292	-0.719	14
秦油 506	1.260	0.663	-1.503	0.035	0.407	5
陕油 28 (CK)	-0.683	-1.296	0.142	1.001	-0.369	12

2.6 聚类分析 基于主成分分析得到的综合得分(F 值),对 18 个油菜品种(系)进行系统聚类分析,结果如图 2 所示。欧氏距离为 0.6 时,18 个品种(系)可划分为 5 个类群,各类群在综合农艺性状上表现出不同的特征。第 I 类群包含秦优 919 和秦优 797,其综合得分(F 值)较高,一次有效分枝数、单株角果数、每角粒数较多,产量和产油量较高,表明该类群品种(系)在整体农艺性状上具有显著优势。第 II 类群包含润普丰和秦优 1618,这 2 个品种(系)的综合得分略低于第 I 类群,其单株角果数、每角粒数、产量和产油量较高,但一次有效分枝数略少。第 III 类群包含秦油 909、秦优 1912、秦优 1718、秦油 506,这 4 个品种(系)综合得分(F 值)均为正值,但每角粒数较少,对综合得

分有一定影响。第 IV 类群包含中油杂 19、华油杂 62、陕油 28 (CK)、秦优 7 号、QH2022、秦优 1806、秦油 505、秦油 606 等 8 个品种(系),其综合得分均为负值,单株角果数及每角粒数较少,产量和产油量较低。第 V 类群包含 QF2155 和秦油 707,该类群综合得分较低,每角粒数较少,分枝部位较高,推测可能是受干旱逆境影响较大或不适宜本地区种植。

该聚类分析结果进一步验证了主成分分析的可靠性,为紫阳地区油菜品种的优化选择提供了科学依据。其中,第 I 类群秦优 797、秦优 919 在农艺和产量性状方面整体表现突出,可作为当地主推品种(系)进行示范推广,以促进油菜产业的高效发展。

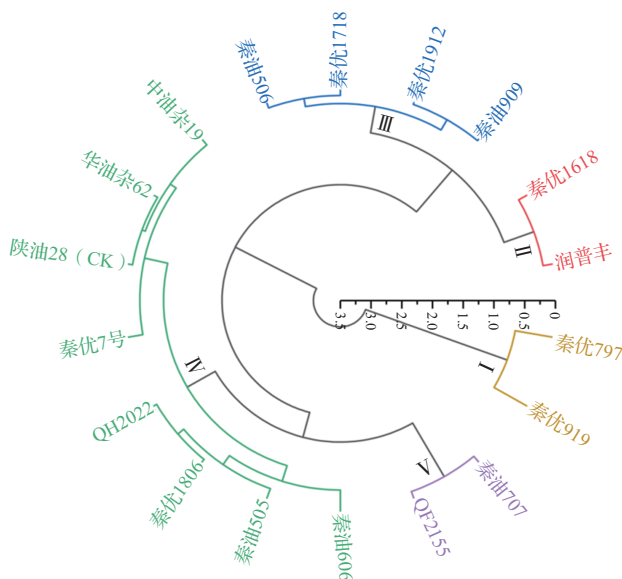


图2 不同油菜品种(系)的聚类分析

3 讨论

本研究通过对紫阳地区 18 个甘蓝型油菜品种(系)的 12 个关键表型性状进行多元统计分析,揭示了其性状变异规律及与产量、产油量的内在关联,并筛选出适宜当地推广的优良品种。在紫阳地区当前栽培条件下,单株角果数与每角粒数是制约油菜籽产量与产油量的关键因子,二者与产量及产油量均呈极显著正相关。这一结果与戴祥来等^[4]的研究结论一致,即增加角果数和每角粒数是实现油菜增产的传统有效途径。值得注意的是,本年度研究发现千粒重与产量呈负相关趋势,这与前人^[4-5]报道的“千粒重与单株产量呈极显著正相关”的结论存在差异,可能是本年度油菜生长期遭遇了持续干旱异常气候,在水分胁迫下,植株可能通过减少每角粒数、增加有限同化物向部分籽粒的分配来维持一定的千粒重,导致最终产量与千粒重呈现此消彼长的关系。这揭示了环境胁迫下产量构成因素间存在复杂的补偿与权衡机制,也表明千粒重作为高产性状的稳定性易受环境影响,凸显了性状表现的环境依赖性。

尽管本研究取得明确结论,但仍存在尚待深入探究的问题。(1)千粒重与产量的关系机制:建议在当地开展多年多点的定位试验,系统研究不同水分条件下油菜产量构成三要素的协同与权衡规律,明确千粒重贡献率转变的气候阈值。(2)抗逆性与稳产性:本研究发现品种(系)间对于干旱胁迫的响

应存在差异,后续应针对性评价各品种(系)的抗旱性、抗病性等稳产性状,筛选高产且稳产的品种。(3)栽培技术集成:针对筛选出的优良品种,需进一步研究与其特性相匹配的最佳水肥运筹方案、病虫害绿色防控技术等,形成高产高效栽培技术规程,以实现良种良法相配套。

综上所述,本研究不仅为紫阳地区油菜增产增收提供了可直接推广的优良品种,也为该地区油菜生产的抗逆栽培与品种选育方向提供了科学依据,后续研究应围绕“品种—环境—管理”的互动开展系统性工作,以持续推动区域油菜产业的提质增效与可持续发展。

参考文献

- [1] 张智,孔建,李永红,姚雪雁,杨欢欢,任军荣,王阳峰,张亚周,穆建新. 陕西省油菜产业发展现状、存在问题及发展对策. 中国种业, 2020(7):36-38
- [2] 紫阳县农业农村局. 紫阳县 2024 年粮油生产工作获省农业农村厅通报表扬. (2025-04-03) [2025-11-21]. <https://www.zyx.gov.cn/Content-2807943.html>
- [3] 刘成,冯中朝,肖唐华,马晓敏,周广生,黄凤洪,李加纳,王汉中. 我国油菜产业发展现状、潜力及对策. 中国油料作物学报, 2019, 41(4):485-489
- [4] 戴祥来,赵继献,向阳,胡权,周炜华. 甘蓝型油菜主要农艺性状与产量构成相关性分析. 四川农业大学学报, 2024, 42(5):1036-1048
- [5] 赵彩霞,白玛央珍,杨广环,唐琳. 不同类型油菜资源农艺性状鉴定及聚类分析. 作物杂志, 2025(5):120-127

(收稿日期:2025-11-21)